

51

Int. Cl.:

C 22 c, 21/02

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

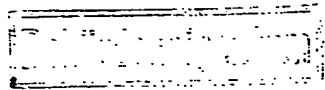
DEUTSCHES PATENTAMT



52

Deutsche Kl.:

40 b, 21/02



10

11

21

22

43

44

# Auslegeschrift 1 483 229

Aktenzeichen: P 14 83 229.2-24 (H 57070)

Anmeldetag: 3. September 1965

Offenlegungstag: —

Auslegetag: 13. Dezember 1973

Ausstellungspriorität: —

30

Unionspriorität

32

Datum:

33

Land:

31

Aktenzeichen:

54

Bezeichnung:

Verwendung von AlMgSi-Guß-Legierungen, bestehend aus 0,6 bis 4,5 % Silizium, 2,5 bis 11 % Magnesium, Rest Aluminium mit den üblichen herstellungsbedingten Verunreinigungen

61

Zusatz zu:

62

Ausscheidung aus:

71

Anmelder:

Honsel-Werke AG, 5778 Meschede

Vertreter gem. § 16 PatG: —

72

Als Erfinder benannt:

Zimmermann, Paul, 5780 Grimlinghausen

56

Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht gezogene Druckschriften:

DT-PS 747 355

FR-PS 788 952

GB-PS 367 831

Zeitschrift für Metallwirtschaft, 1940,

S. 713 bis 720

Aluminium-Taschenbuch, 12. Auflage,

S. 83

D. Altenpohl, »Aluminium und

Aluminiumlegierungen«, Springer-Verlag

1965, S. 97

DT 1 483 229

Best Available Copy

12.73 309 550/126

## Patentansprüche:

1. Verwendung von AlMgSi-Guß-Legierungen, bestehend aus 0,6 bis 4,5% Silizium, 2,5 bis 11% Magnesium, mit der Maßgabe, daß im Rahmen der angegebenen Bereiche das Verhältnis von Magnesium zu Silizium so aufeinander abgestimmt ist, daß 1 bis 4,5% Magnesium nicht an Silizium gebunden vorliegen, 0,6 bis 1,8% Mangan, Rest Aluminium mit den üblichen herstellungsbedingten Verunreinigungen, sowie bis zu 0,6% Kupfer als zulässige Beimengung, als hochfester, im Bestandteil Mg<sub>2</sub>Si gefeinter Werkstoff für thermisch wechselbeanspruchte Zylinderköpfe.

2. Verwendung einer Legierung der Zusammensetzung nach Anspruch 1, mit bis zu 3% nicht an Silizium gebundenem Magnesium, als Werkstoff für hochfeste thermisch wechselbeanspruchte Bauteile, die bei einer thermischen Wechselbeanspruchung zwischen 100 bis 300°C binnen 120 Sekunden mehr als 1050 Lastwechsel bis zum Durchriß aushalten müssen.

3. Verwendung einer Legierung der Zusammensetzung nach Anspruch 1 oder 2, die bis 2% Nickel enthält, für den Zweck nach Anspruch 1.

4. Verwendung einer Legierung der Zusammensetzung nach Anspruch 1 bis 3 mit der Maßgabe, daß der Siliziumgehalt mindestens 1% beträgt, für den Zweck nach Anspruch 1, wobei der Herstellungsablauf einen Knetvorgang einschließt.

5. Verwendung einer Legierung der Zusammensetzung nach Anspruch 1 bis 4, die im Schmelzfluß intensiv entgast worden ist, für den Zweck nach Anspruch 1 oder 2.

Die vorliegende Erfindung betrifft die Verwendung von AlMgSi-Guß-Legierungen, bestehend aus 0,6 bis 4,5% Silizium, 2,5 bis 11% Magnesium, Rest Al mit den üblichen herstellungsbedingten Verunreinigungen.

Als Folge der höheren Anforderungen an die verschiedensten Konstruktionen in der Gegenwart werden auch die metallischen Werkstoffe stärker beansprucht. Diese größeren Belastungen der Werkstoffe treten bei niedrigen und höheren Temperaturen auf. Änderungen in der Zusammensetzung der Legierungen wurden daher notwendig. Einige Legierungen, darunter die warmfesten Aluminium-Magnesium-Silizium-Legierungen, stellen eine Ausnahme dar. Sie werden seit Jahrzehnten mit der gleichen früheren Zusammensetzung vergossen.

Versuche zur Verbesserung der Aluminium-Magnesium-Silizium-Legierungen sind vor fast drei Jahrzehnten durchgeführt worden. Diese Untersuchungen betrafen besonders die Verbesserung der Aushärtbarkeit von Legierungen mit 3% Magnesium und 0,8% Silizium. Durch einen Zusatz von Cer konnte das Magnesiumsilizid verfeinert werden. Mit weiteren Zusätzen von 0,8% Zink und 0,8% Mangan, die gemeinsam mit Cer legiert wurden, gelang eine weitere Verbesserung, die allerdings nicht so deutlich wie die durch den Zusatz von Cer war. Diese Legierung fand bis in die jüngste Zeit keine Verwendung.

An anderer Stelle sind später umfangreiche Untersuchungen über die Verwendung von gepreßten Aluminium-Magnesium-Silizium-Legierungen durchgeführt worden, um sowohl die quasibinären als auch ternären und untereutektischen Zusammensetzungen für warmfeste Zwecke nutzbar zu machen. Diese Versuche sind nicht fortgesetzt worden, obgleich auch hier die den Aluminium-Magnesium-Legierungen eigene hohe Warmfestigkeit festgestellt wurde, die durch andere Legierungselemente noch verbessert werden konnte.

Diese und andere zahlreiche Untersuchungen haben zur Verwendung von Aluminium-Magnesium-Silizium-Legierungen geführt, die 2 bis 5,5% Magnesium, 0 bis 1,5% Silizium, 0 bis 0,5% Mangan und 0 bis 0,20% Titan enthalten. Für warmfeste Zwecke, hauptsächlich Zylinderköpfe, kam eine Aluminium-Legierung mit der von allen Gießereien gewählten, fast gleichartigen Zusammensetzung 4,8 bis 5,5% Magnesium, 0,8 bis 1,2% Silizium, 0 bis 0,6% Kupfer und den obigen Mangan-Gehalten zur Auslieferung. Je nach Vereinbarung mit dem Verbraucher sind diesen Legierungen zur Hintanhaltung der Oxydation noch geringe Mengen Beryllium zugesetzt worden. Diese Legierungen sind in der DIN 1725 vom Juni 1959, Blatt 2, vorgeschlagen.

Aus der deutschen Patentschrift 747 355 sind Legierungen, bestehend aus 4 bis 12% Magnesium, 0,5 bis 5% Silizium, je 0,2 bis 5% Kupfer und/oder Nickel, Rest Aluminium, bekannt, die weiterhin Eisen, Kobalt, Mangan, Chrom, Molybdän, Titan und Cer einzeln bis zu 3,5% insgesamt bis 7% enthalten können.

Die anmeldungsgemäße Verwendbarkeit gezielt ausgewählter Legierungen ist daraus jedoch nicht zu entnehmen.

Sowohl die Toleranz für die Magnesium- als auch Siliziumgehalte dieser Legierungen erlauben die verschiedensten Kombinationen, so daß recht unterschiedliche Mengen Magnesiumsilizid gebildet werden können und nicht an Silizium gebundenes Magnesium in den Legierungen angetroffen wird, wie durch die Zahlentafel 1 gezeigt ist.

Zahlentafel 1

Gesamt-Mg (%)	Si-Gehalte (%)	Nicht an Si gebundenes Magnesium (%)	Ungefährer Soliduspunkt im System AlMg (°C)
4	0,6	2,97	604
4	1,0	2,27	617
4	1,5	1,41	635
4,8	0,6	3,77	592
4,8	1,0	3,07	603
4,8	1,5	2,21	615
5,5	0,6	4,47	580
5,5	1,0	3,77	592
5,5	1,5	2,91	605
7,0 außer-	0,6	5,97	557
7,0 halb DIN	1,0	5,27	568
7,0 1725	1,5	4,41	581

Die nicht genormte Legierung mit 7% Magnesium wurde für nachfolgende Vergleiche mit aufgeführt.

Zur Verbesserung des genannten Legierungstyps wurden zahlreiche Untersuchungen durch geführt. Diese Untersuchungen stützen sich auf die Arbeits-  
hypothesen, daß die Aluminium-Magnesium-Silizium-Legierungen für hohe Beanspruchungen, insbesondere thermischen Wechselbeanspruchungen aufeinander abgestimmte Magnesium- und Siliziumgehalte besitzen müssen und die nicht an Silizium gebundenen freien Magnesium-Gehalte die feste Löslichkeit des Magnesiums im Aluminium bei Raumtemperatur nicht unbegrenzt überschritten dürfen.

Besonders die Verwendung dieses Legierungstyps für Zylinderköpfe gab Anlaß zur Überlegung, daß eine Rißbildung durch die im Verbrennungsraum vorherrschenden Temperaturen bei höheren Magnesiumgehalten früher einsetzt, weshalb eine Herabsetzung des Magnesiumgehaltes auf niedrigere Konzentrationen auch für eine Heraufsetzung des Soliduspunktes der Legierungen von Vorteil sein mußte.

Zahlreiche Untersuchungen wurden gleichzeitig neben der Untersuchung vom Einfluß der Magnesiumgehalte zur Ermittlung der Einflüsse verschie-

dener Legierungselemente durchgeführt. Die Schmelzen wurden vor dem Vergießen einer intensiven Entgasung unterzogen und zusätzlich nur solche Elemente zulegiert, durch deren Zusatz nach bekannten Untersuchungen die Löslichkeit für Wasserstoff nicht erhöht wurde. Die Soliduspunkte im System Aluminium-Magnesium-Silizium sollten außerdem nicht maßgeblich erniedrigt und zusätzlich die Gefügefinesse verbessert werden.

Es wurde gefunden, daß beim Vergießen der Aluminium-Magnesium-Silizium-Legierungen in 300°C warmen Kokillen gemäß der Luftfahrt-Norm LN 29 531, eine um so feinere Verteilung des  $Mg_2Si$  erhalten wird, je kleiner der nicht an Silizium gebundene Magnesium-Gehalt der Legierung ist, und durch einen erhöhten Mangan-Gehalt in Abwesenheit von Cer und Zink ein noch feineres  $Mg_2Si$  erhalten wird, das bei niedrigem Mg-Gehalt erst bei sehr hoher Vergrößerung mikroskopisch als feinste Ausscheidung erkannt wird. Der Einfluß von Mangan auf die mechanischen Werte ist demzufolge bei Raumtemperatur und höheren Temperaturen überragend. Die Zerreißproben wurden vorher in der bekannten Weise einer Stabilisierungsglühung unterzogen.

Zahlentafel 2

Chargen-Nr.	Analyse in %				Prüfung bei 20° C				Prüfung bei 300° C			Prüfung bei 400° C		
	Mg	Si	Mn	Fe	kp/mm <sup>2</sup>		% δ <sub>5</sub>	kp/mm <sup>2</sup> HB	kp/mm <sup>2</sup>		% δ <sub>5</sub>	kp/mm <sup>2</sup>		% δ <sub>5</sub>
					σ <sub>0,2</sub>	σ <sub>B</sub>			σ <sub>0,2</sub>	σ <sub>B</sub>		σ <sub>0,2</sub>	σ <sub>B</sub>	
850	3,6	1,04	0,22	0,31	7,6	17,9	7,4	55	6,1	8,4	78,0	2,8	4,3	46,0
					7,9	16,3	4,8	53	6,1	8,9	63,8	2,8	4,7	84,0
									5,5	8,4	44,4			
					Mittelwert	7,7	17,1	6,1	54	5,9	8,6	62,1	2,8	4,5
856	3,2	0,93	0,98	0,3	6,9	20,8	14,3	57	6,4	9,7	42,4	4,1	6,2	78,0
					7,1	20,7	14,9	55	4,9	9,1	36,4			
									5,6	9,0	35,4			
					Mittelwert	7,0	20,7	14,6	56	5,6	9,3	38,1	4,1	6,2
852	5,2	1,02	0,93	0,3	10,3	22,2	7,1	64	8,2	11,7	30,6	4,1	6,2	84,0
					10,0	21,0	6,0	64	6,4	11,0	25,8			
									7,6	10,5	25,4			
					Mittelwert	10,1	21,6	6,5	64	7,4	11,1	27,3	4,1	6,2
858	5,4	1,02	0,93	0,38	12,9	26,5	8,5	69	9,7	13,6	71,4	5,3	7,8	konnte nicht b. werd. 83,4
					12,1	26,9	10,8	72	10,7	13,4	33,2	5,3	7,8	
									6,2	11,0	41,2			
					Mittelwert	12,5	26,7	9,6	70	8,9	12,7	48,6	5,3	7,8
854	6,5	1,10	0,22	0,23	12,9	23,2	5,1	72	8,7	14,1	konnte nicht b. werd. 25,6	4,1	6,7	85,2
					13,1	23,5	5,3	72	10,1	14,7		18,0		
									9,9	12,7	18,0			
					Mittelwert	13,0	23,3	5,2	72	9,6	13,8	21,8	4,1	6,7
860	6,6	1,17	0,9	0,36	13,7	23,2	4,0	74	9,9	13,9	24,8	5,1	7,9	97,0
					13,7	24,2	4,9	76	9,2	14,6	18,0			
									9,4	13,6	18,6			
					Mittelwert	13,7	23,5	4,4	75	9,5	14,0	20,5	5,1	7,9

Der Zusatz von Mangan soll nicht über die im System Aluminium-Mangan bekannte maximale feste Löslichkeit hinaus erfolgen, aber auch nicht unter 0,6% liegen.

Die Verfeinerung des  $Mg_2Si$  durch Mangan hat keine Gemeinsamkeit mit der Einförmigkeit der spießigen, nadeligen Eisenaluminide durch Mangan in Aluminium-Silizium-Legierungen mit geringen Magnesium-Gehalten von Null bis zu etwa 0,6%. Zwar kann in Aluminium-Magnesium-Silizium-Legierungen mit Fe-Gehalten von 1,25%, derartige Gehalte treten in solchen Gußlegierungen üblicherweise dann als Verunreinigungen auf, wenn Schrott mit zwangsläufig hohen Beimengungen zugegeben wird, und die zu den zulässigen Verunreinigungen nach DIN 1725 vom Juni 1959, Druckguß-Legierungen, Blatt 2, Seite 8, zählen, nach der die Legierungen GD-ALMg 9 und GD-ALMg 8 (Cu) 0,6 bis 1,2% Eisen enthalten können, durch höhere Mangan-Gehalte das  $Mg_2Si$  verfeinert werden, nicht aber wie bei Aluminium-Sili-

zium-Legierungen eine Einförmigkeit des Eisenaluminids zu einer Mehrstoff-Verbindung erfolgen. Die Legierungen haben niedrigere Dehnungs- und Festigkeitswerte, wie die Zahlentafel 3 zeigt.

Die bei Aluminium-Magnesium-Silizium-Legierungen nach Zahlentafel 3 gefundene spießige Ausbildung des Eisenaluminids wird auch bei den ternären Aluminium-Silizium-Magnesium-Legierungen mit etwa 13% Silizium und 6% Magnesium durch einen erhöhten Zusatz von Mangan nicht aufgehoben. Diese Untersuchungen zeigen bezüglich der Festigkeitswerte ebenfalls keinen herausragenden technischen Fortschritt bei einer Kombination mit Mangan, aber auch, daß bei einer Anwendung desselben in Gegenwart großer Mengen Silizium und größerer Mengen Magnesium die Wirkung des Mangans nicht derjenigen in Aluminium-Silizium-Legierungen mit bis zu 0,6% oder ohne Magnesium vergleichbar ist. Siehe Zahlentafel 4.

Zahlentafel 3

Chargen-Nr.	Analyse in %				Prüfung bei 20°C				Prüfung bei 300°C			Prüfung bei 400°C		
	Mg	Si	Mn	Fe	kp/mm <sup>2</sup>		% $\delta_5$	kp/mm <sup>2</sup> HB	kp/mm <sup>2</sup>		% $\delta_5$	kp/mm <sup>2</sup>		% $\delta_5$
					$\sigma_{0,2}$	$\sigma_B$			$\sigma_{0,2}$	$\sigma_B$		$\sigma_{0,2}$	$\sigma_B$	
851	3,85	1,35	0,25	1,25	8,8	16,1	2,8	57	5,3	9,5	41,8	3,1	4,8	79,0
					8,9	18,8	4,3	58	5,3	8,9	47,2	2,8	5,2	81,0
			Mittelwert		8,8	17,4	3,6	57	5,3	9,2	44,5	2,9	5,0	80,0
857	3,8	1,10	0,9	1,25	9,4	17,1	3,0	64	6,3	10,7	12,2	3,6	6,5	65,0
					9,3	15,4	2,1	62	4,8	9,9	8,6			
			Mittelwert		9,3	16,2	2,5	63	5,5	10,3	10,4	3,6	6,5	65,0
853	5,3	1,05	0,22	1,14	10,8	22,7	4,8	71	8,4	12,6	42,0	4,1	6,7	98,2
					10,5	22,5	5,0	71	8,5	11,6	33,8			
			Mittelwert		10,6	22,6	4,9	71	8,3	12,1	37,9	4,1	6,7	98,2
859	5,5	1,14	0,82	1,00	10,3	18,5	3,1	67	9,4	13,1	7,8	4,2	7,2	73,4
					10,6	18,5	2,9	72	7,6	11,6	8,8			
			Mittelwert		10,4	18,5	3,0	69	8,5	12,3	7,3	4,2	7,2	73,4
855	6,85	0,92	0,22	1,12	12,4	19,2	2,4	76	9,4	14,2	12,8	3,6	6,2	64,6
					12,4	22,8	4,5	76	9,4	13,8	17,0			
			Mittelwert		12,4	21,5	3,4	76	9,4	14,0	14,9	3,6	6,2	64,6
861	7,0	1,06	0,87	1,20	14,1	18,8	1,8	84	9,2	14,7	4,2	4,1	7,9	83,2
					13,9	17,8	1,3	90	9,2	14,5	3,2			
			Mittelwert		14,0	18,3	1,5	87	9,2	14,2	4,9	4,1	7,9	83,2

Zahlentafel 4

Chargen-Nr.	Analyse in %				Prüfung bei 20°C				Prüfung bei 300°C			Prüfung bei 400°C		
	Mg	Si	Mn	Fe	kp/mm <sup>2</sup>		% δ <sub>5</sub>	kp/mm <sup>2</sup> HB	kp/mm <sup>2</sup>		% δ <sub>5</sub>	kp/mm <sup>2</sup>		% δ <sub>5</sub>
					σ <sub>0,2</sub>	σ <sub>B</sub>			σ <sub>0,2</sub>	σ <sub>B</sub>		σ <sub>0,2</sub>	σ <sub>B</sub>	
888	6,0	13,57	0,21	0,29	9,6	16,9	3,0	60	3,8	7,6	11,6	2,4	5,0	20,0
					9,5	17,0	2,8	58						
					Mittelwert	9,5	16,9	2,9	59	3,8	7,6	11,6	2,4	5,0
886	6,5	13,11	0,75	0,2	10,9	16,8	2,0	66	5,6	9,2	11,2	2,7	4,2	20,0
					10,5	17,2	2,4	69						
					Mittelwert	10,7	17,0	2,2	67	5,6	9,2	11,2	2,7	4,2

## Fortsetzung

Chargen-Nr.	Analyse in %				Prüfung bei 20° C				Prüfung bei 300° C			Prüfung bei 400° C		
	Mg	Si	Mn	Fe	kp/mm <sup>2</sup>		% $\delta_5$	kp/mm <sup>2</sup> HB	$\sigma_{0,2}$	$\sigma_B$	% $\delta_5$	$\sigma_{0,2}$	$\sigma_B$	% $\delta_5$
889	5,25	12,95	0,22	1,3	10,9	12,2	1,1	71	3,0	8,8	1,8	2,9	6,4	3,0
					10,6	11,6	0,8	69						
					10,7	11,9	0,9	70	3,0	8,8	1,8	2,9	6,4	3,0
					Mittelwert									
887	5,6	12,62	0,83	1,3	10,8	13,7	1,4	71	6,3	8,4	3,4	3,2	5,8	7,2
					10,5	14,8	1,8	72						
					10,6	14,2	1,6	71	6,3	8,4	3,4	3,2	5,8	7,2
					Mittelwert									

Nach diesen Untersuchungen war daher überraschend, daß bei sehr hohen Magnesium-Gehalten von etwa 9 bis 10% Silizium-Gehalten von etwa 3% bei nicht an Silizium gebundenen freien Magnesium-Gehalten zwischen 3 und 4% auch bei höheren Eisen-Gehalten von 1,20%, wie sie häufig nach der üblichen Zuführung von Schrott auftritt, keine Eisennadeln mehr auftraten, sofern höhere Mangan-Gehalte zugesetzt wurden.

Allerdings sind in Gegenwart hoher Mengen Eisen von 1,20% keine wesentlichen Änderungen der Festigkeitswerte verursacht worden. Bei den Legierungen mit niedrigen Eisen-Gehalten wird durch die Mangan-Gattierung neben einer starken Gefügefönerung ein damit in Zusammenhang stehender beachtlicher Anstieg der Festigkeitswerte verzeichnet. Die Zahlentafel 5 zeigt die Verbesserung der Festigkeitswerte durch Mangan an Legierungen, die etwa auf der Schmelzrinne zwischen den ternären magnesium- und siliziumreichen Eutektika des Systems Aluminium-Silizium-Magnesium und vorzugsweise auf der magnesiumreichen Seite liegen und Silizium-Gehalte unter dem des quasibinären Eutektikums mit 13% Mg<sub>2</sub>Si enthalten. Vorzugsweise sind Silizium-Gehalte zwischen 2,5 und 4% und höchstens 11% Magnesium in Gegenwart von Mangan zu legieren.

Die Untersuchungen wurden auf Legierungen mit Silizium-Gehalten von 2% und Magnesium-Gehalten von 4% ausgedehnt. Die starke Verfeinerung des Mg<sub>2</sub>Si durch Mangan wird ebenfalls erzielt (s. Zahlentafel 6).

Bei etwa 4% Magnesium und 2% Silizium ist nur noch eine Menge von 0,55% nicht an Silizium gebundenes Magnesium in der Legierung enthalten. Die Bearbeitbarkeit von Gußteilen aus diesen Legierungen ist schlechter.

Zur Lösung der gestellten Aufgabe wird deshalb die Verwendung von AlMgSi-Guß-Legierungen, bestehend aus 0,6 bis 4,5% Silizium, 2,5 bis 11% Magnesium, Rest Al mit den üblichen herstellungsbedingten Verunreinigungen mit der Maßgabe, daß im Rahmen der angegebenen Bereiche das Verhältnis von Magnesium zu Silizium so aufeinander abgestimmt ist, daß 1 bis 4,5% des Magnesiums nicht an Silizium gebunden vorliegen, 0,6 bis 1,8% Mangan, Rest Aluminium mit den üblichen herstellungsbedingten Verunreinigungen, sowie bis zu 0,6% Kupfer als zulässige Beimengung als hochfester, im Bestandteil Mg<sub>2</sub>Si gefeinter Werkstoff für thermisch wechselbeanspruchte Zylinderköpfe, vorgeschlagen.

Weitere Ergebnisse wurden erhalten bei der Nachprüfung des Einflusses von Nickel, das ähnlich wie das Mangan bei Gehalten von etwa 1% im Aluminium im Schmelzfluß die niedrigste Wasserstofflöslichkeit zeigt und deshalb ebenfalls für Legierungsversuche ausgewählt wurde. Es wurde gefunden, daß im Gegensatz zum Kupfer durch 1,5% Nickel ein sehr feines Magnesiumsilizid erhalten wird und der das Magnesiumsilizid vergrößernde Einfluß des Kupfers in Gegenwart von Nickel aufgehoben wird. Die Untersuchung der Festigkeitseigenschaften im Zerreißversuch zeigte, daß die stabilisierten Legierungen bei Überschreitung der Mg-Gehalte von 4% nur noch niedrige Dehnungswerte besitzen und die Aluminium-Magnesium-Silizium-Legierungen in Gegenwart von Nickel und/oder größeren Mengen als 0,2% Kupfer unter 4% Magnesium besitzen müssen (s. Zahlentafel 7).

Es wird deshalb weiterhin vorgeschlagen, die erfindungsgemäße Verwendung einer AlMgSi-Legierung in der Zusammensetzung wie vor mit der Maßgabe, daß diese bis 2% Ni enthält, wobei Nickel das Mn teilweise ersetzen kann.

Zahlentafel 5

Chargen-Nr.	Analyse in %				Prüfung bei 20° C				Prüfung bei 300° C			Prüfung bei 400° C		
	Mg	Si	Mn	Fe	kp/mm <sup>2</sup>		% $\delta_5$	kp/mm <sup>2</sup> HB	$\sigma_{0,2}$	$\sigma_B$	% $\delta_5$	$\sigma_{0,2}$	$\sigma_B$	% $\delta_5$
871	9,7	3,1	0,28	0,2	14,9	26,0	3,4	92	8,4	12,8	27,4	3,6	6,1	74,8
					14,9	22,9	2,1	92	9,2	13,6	24,0			
					14,9	24,4	2,7	92	8,8	13,2	25,7	3,6	6,1	74,8
					Mittelwert									
873	9,44	2,7	0,85	0,24	18,1	27,5	2,8	95	12,2	16,2	35,4	4,8	8,5	61,6
					18,2	27,2	2,4	98	11,2	15,6	13,6			
					18,1	27,3	2,6	96	11,7	15,9	24,5	4,8	8,5	61,6
					Mittelwert									

## Fortsetzung

Chargen-Nr.	Analyse in %				Prüfung bei 20° C				Prüfung bei 300° C			Prüfung bei 400° C		
	Mg	Si	Mn	Fe	kp/mm <sup>2</sup>		% δ <sub>5</sub>	kp/mm <sup>2</sup> HB	kp/mm <sup>2</sup>		% δ <sub>5</sub>	kp/mm <sup>2</sup>		% δ <sub>5</sub>
					σ <sub>0,2</sub>	σ <sub>B</sub>			σ <sub>0,2</sub>	σ <sub>B</sub>		σ <sub>0,2</sub>	σ <sub>B</sub>	
947	8,6	3,3	0,32	0,30	11,9	19,8	1,8	80	9,2	13,9	25,0	—	—	—
					12,1	20,3	2,0	78	8,2	11,7	30,0	—	—	—
			Mittelwert		12,0	20,0	1,9	79	8,7	12,8	27,5	—	—	—
948	8,8	3,6	0,88	0,32	14,0	25,3	3,0	83	9,2	13,9	19,6	—	—	—
					13,8	25,4	2,6	87	9,6	13,1	23,6	—	—	—
			Mittelwert		13,9	25,3	2,8	85	9,4	13,5	21,8	—	—	—
872	9,25	3,1	0,30	1,20	16,0	24,2	3,5	101	9,4	14,3	26,6	4,1	7,4	83,6
					15,6	25,8	3,1	91	9,2	14,3	15,2			
			Mittelwert		15,8	25,0	3,3	96	9,3	14,6	19,7	4,1	7,4	83,6
874	9,7	2,75	1,03	1,12	18,4	23,5	2,3	108	13,5	17,6	5,2	5,1	8,1	65,2
					17,9	24,8	2,4	98	8,1	14,9	6,6			
			Mittelwert		18,1	24,1	2,3	103	10,8	16,2	5,9	5,1	8,1	65,2

Zahlentafel 6

Chargen-Nr.	Analyse in %					Prüfung bei 20°C				Prüfung bei 300°C			
	Mg	Si	Mn	Cu	Fe	kp/mm <sup>2</sup>		% $\delta_5$	kp/mm <sup>2</sup> HB	kp/mm <sup>2</sup>		% $\delta_5$	
						$\sigma_{0,2}$	$\sigma_B$			$\sigma_{0,2}$	$\sigma_B$		
940	3,95	2,0	0,24	—	0,41	8,2	17,8	5,5	54	4,4	7,7	39,2	
						8,1	17,6	5,4	55				
						Mittelwert	8,1	17,7	5,4	54	4,4	7,7	39,2
944	4,2	1,9	1,00	—	0,42	8,6	18,6	5,0	58	4,9	7,5	52,0	
						8,8	18,6	4,8	62				
						Mittelwert	8,7	18,6	4,9	60	4,9	7,5	52,0

Zahlentafel 7

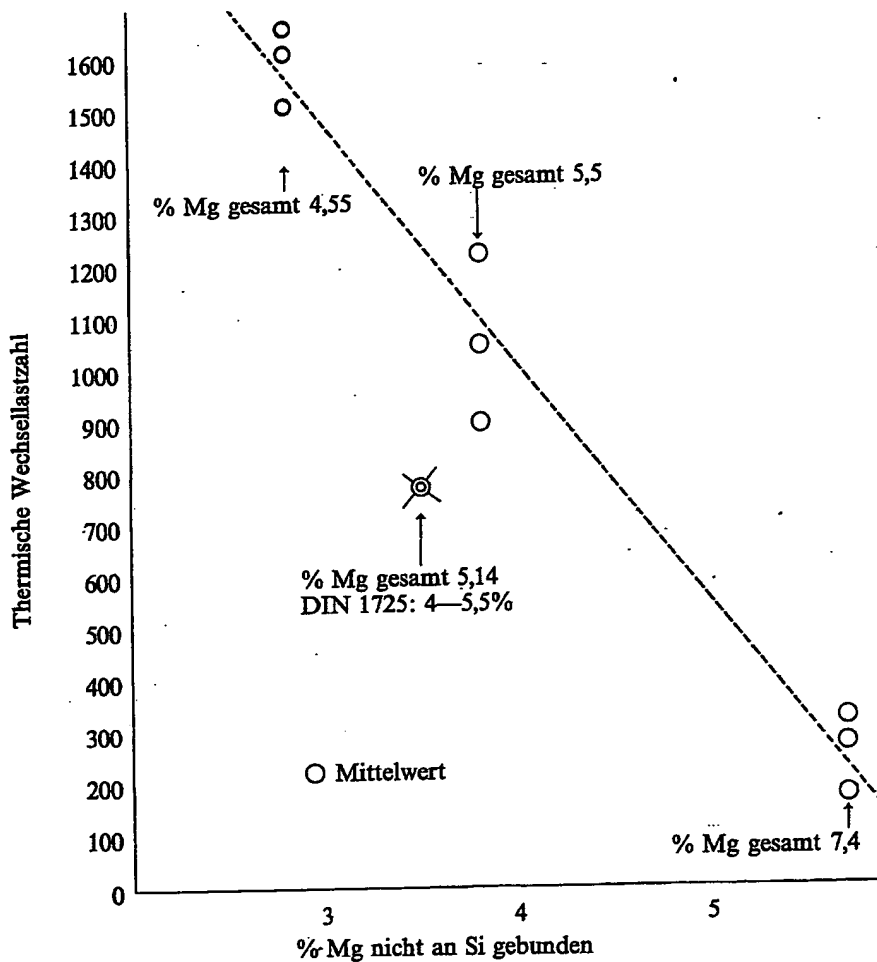
Chargen-Nr.	Analyse in %						Prüfung bei 20°C				Prüfung bei 300°C			Prüfung bei 400°C			
	Mg	Si	Mn	Cu	Ni	Fe	kp/mm <sup>2</sup>		% $\delta_5$	kp/mm <sup>2</sup> HB	kp/mm <sup>2</sup>		% $\delta_5$	kp/mm <sup>2</sup>		% $\delta_5$	
							$\sigma_{0.2}$	$\sigma_B$			$\sigma_{0.2}$	$\sigma_B$		$\sigma_{0.2}$	$\sigma_B$		
862	3,7	1,17	0,27	1,5	—	0,39	10,2	20,8	4,1	67	5,8	10,5	43,4	3,3	5,8	89,4	
							10,1	20,7	5,0	69	5,8	10,1	31,8				
							Mittelwert	10,1	20,7	4,5	68	5,8	10,3	37,4	3,3	5,8	89,4
863	5,5	1,15	0,25	1,35	—	0,4	11,4	23,0	4,4	72	8,2	12,4	28,0	3,5	6,5	n. b.	
							11,7	22,1	4,8	74	9,4	13,4	27,2	3,7	7,3	96,0	
							Mittelwert	11,5	22,5	4,6	73	8,6	12,9	27,6	3,6	6,9	96,0
864	7,0	1,0	0,24	1,5	—	0,34	14,4	22,3	2,6	80	9,9	14,3	16,8	4,8	8,0	34,6	
							14,2	21,8	1,9	83	9,6	13,8	8,6				
							Mittelwert	14,3	22,0	2,2	81	9,8	14,1	12,7	4,8	8,0	34,6
865	3,4	1,03	0,23	—	1,45	0,37	8,6	20,4	8,0	61	6,7	10,6	49,6	3,1	5,9	87,6	
							8,6	20,4	8,9	60	5,8	10,1	44,0				
							Mittelwert	8,6	20,4	8,4	60	6,2	10,3	46,8	3,1	5,9	87,6
866	5,6	1,08	0,23	—	1,2	0,29	11,1	24,0	5,6	76	8,9	12,7	40,8	3,8	6,5	100,0	
							10,9	23,4	6,0	74	8,9	13,6	33,8				
							Mittelwert	11,0	23,7	5,8	75	8,9	13,1	37,3	3,8	6,5	100,0
867	7,1	1,12	0,25	—	1,25	0,29	14,4	24,8	3,8	85	9,9	15,2	21,6	4,1	7,2	131,2	
							14,4	25,5	4,1	87	10,1	14,5	21,4				

Die vorliegenden Ergebnisse wurden auf die Verwendung dieser AlMgSi-Legierungen für Zylinderköpfe übertragen, die auf einem Prüfstand wechselnden Erwärmungen und Abkühlungen in ihren hochbeanspruchten Partien unterworfen wurden, bis eine Rißbildung auftrat. Die thermische Wechselbelastung zwischen 100 und 300°C bis zur Rißbildung und Durchriß galt als Gradmesser für die Belastbarkeit der Legierungen.

Die Abbildung gibt unter anderem die thermische Wechselbelastungs-Prüfung von Zylinderköpfen aus der gebräuchlichen Legierung AlMg5Si 1 Cu 0,5 gemäß Zahlentafel 8 wieder. Diese Zylinderköpfe sind einer sich über mehrere Monate erstreckenden Zeit der normalen Produktion entnommen worden. Es wurde eine mittlere Zahl der thermischen Wechselbelastungen von 716 bis zum Abriß bis zum Durchriß eine von 769 gefunden.

Üblicherweise wurde bisher eine Legierung nach

DIN 1725 (1959), Blatt 2, verwendet. Demgegenüber kamen Zylinderköpfe, die aus einem Werkstoff gemäß der Erfindung gegossen wurden und ein feines Gefüge zeigten, wobei das Gefüge der Legierungen mit niedrigen und höheren Magnesium-Gehalten, ähnlich wie in den Kokillengußprobestäben nach LN 29 531 ausgebildet war, in gleicher Weise zur Prüfung. Die Abbildung und Zahlentafel 9 enthält die thermischen Wechselbelastungszahlen. Den Untersuchungen kann entnommen werden, daß mit gegenüber der gebräuchlichen Legierung vergleichbarem Silizium-Gehalt und der üblichen Beimengung von 0,5% Cu die Legierungen mit hohen Magnesium-Gehalten eine wesentlich geringere Laufzeit auch bei zusätzlicher Mangan-Gattierung besitzen, und bei einem Vergleich mit den Ergebnissen zur gebräuchlichen Legierung, siehe Abbildung und Zahlentafel 8 und 9 die höher manganhaltigen Legierungen eine deutliche Verbesserung aufweisen.



Sonstige Legierungsbestandteile:

○ ○  
0,98—1,00% Si  
0,89—0,92% Mn  
0,50—0,55% Cu  
0,15% Ti  
0,33—0,45% Fe  
0,004% Be  
Rest Al

⊗ nach DIN 1725  
0,94—0,99% Si  
0,36% Mn  
0,52—0,55% Cu  
n. b. % Ti  
0,43—0,45% Fe  
n. b. % Be  
Rest Al

DIN 1725  
0,5—1,5% Si  
0—0,5% Mn  
0—0,6% Cu  
0—0,20% Ti  
—0,5% Fe  
— Be  
Rest Al

Sämtliche Untersuchungen zeigen, daß die freien Magnesium-Gehalte der Aluminium-Magnesium-Legierungen zur Erzielung einer hohen Belastbarkeit,

Vorteilhaft ist bei erfindungsgemäßer Verwendung der AlMg-Si-Legierungen, diese im Schmelzfluß intensiv zu entgasen.

Versuchs-Nr.	Analyse in %					Thermische Wechselbelastung	
	Mg	Si	Mn	Cu	Fe	Anriß	Durchriß
1	5,06	0,94	0,36	0,53	0,45	n. b.	709
2						639	670
3						894	960
4						940	1050
5	5,19	0,99	0,36	0,52	0,44	450	640
6						775	877
7						707	872
8						574	736
9	5,16	0,95	0,36	0,55	0,43	640	663
10						n. b.	760
11						830	880
12						n. b.	650
13						n. b.	720
14						n. b.	660
15						n. b.	671
16						n. b.	800
Mittelwert	5,14	0,96	0,36	0,54	0,44	~ 716	~ 769

(n. B. = Nicht genau bestimmbar.)

Nr.	Analyse in %							Thermische Wechselbelastung	
	Mg	Si	Mn	Cu	Fe	Ti	Be	Anriß	Durchriß
1	4,55	0,99	0,91	0,50	0,42	0,15	0,004	1450 1350	1600 1500
2	5,5	1,00	0,92	0,50	0,32	0,15	0,004	800 1200	890 1224
3	7,4	0,98	0,89	0,55	0,33	0,15	0,003	n. b. n. b.	168 335

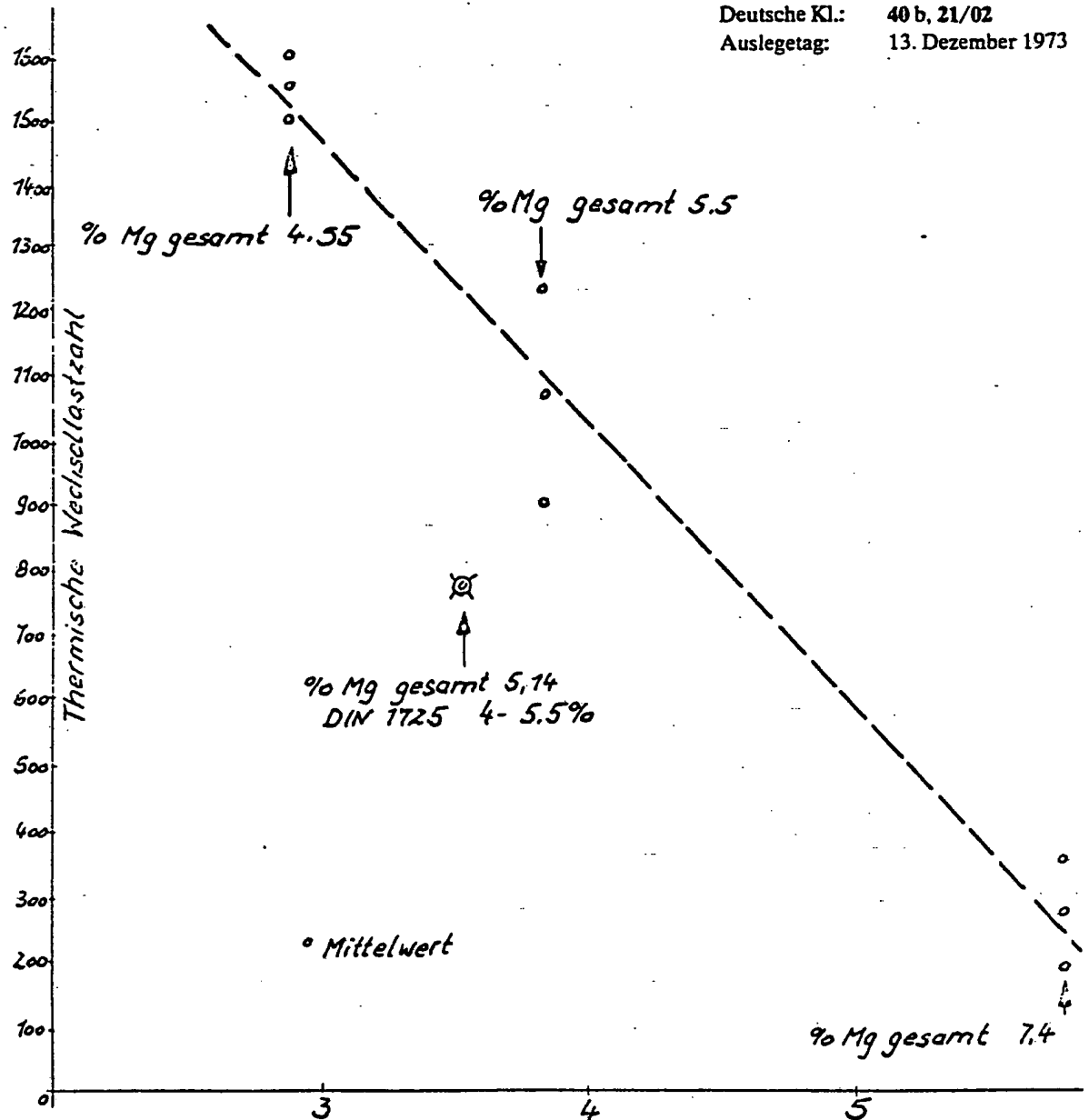


## Fortsetzung

Nr.	Analyse in %							Thermische Wechselbelastung	
	Mg	Si	Mn	Cu	Fe	Ti	Be	Anriß	Durchriß
4	4,4	2,08	0,02	0,17	0,20	0,15	0,004	1040	1160
								930	1030
								n. b.	1100
5	4,3	1,88	0,78	0,15	0,21	0,15	0,004	1380	1590
								1380	1420
								1360	1410

(n. b. = Nicht genau bestimmbar.)

Hierzu 1 Blatt Zeichnungen



% Mg nicht an Si gebunden  
 Sonstige Legierungsbestandteile

o o	⊗ nach DIN 1725	DIN 1725
0,98 - 1,00 % Si	0,94 - 0,99 % Si	0,5 - 1,5 % Si
0,89 - 0,92 % Mn	0,36 % Mn	0 - 0,5 % Mn
0,50 - 0,55 % Cu	0,52 - 0,55 % Cu	0 - 0,6 % Cu
0,15 % Ti	n. b. % Ti	0 - 0,20 % Ti
0,33 - 0,45 % Fe	0,43 - 0,45 % Fe	- 0,5 % Fe
0,004 % Be	n. b. % Be	- 3 <sub>2</sub>
Rest Al	Rest Al	Rest Al

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☒ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**